植 物 分 类 与 资 源 学 报　2011，**33**（3）：350～356
Plant Diversity and Resources　DOI：10.3724/SP.J.1143.2011.10242

小相岭山系主要植被类型的动态变化分析*

刘守江[1]，黄尤优[2]，胡翠华[1]
（1 西华师范大学国土资源学院；2 西华师范大学生命科学学院，西南野生动植物资源保护教育部重点实验室，四川 南充　637009）

摘要：以3S技术作为信息获取和处理的手段，将景观生态学原理与植被变化研究的传统方法相结合，对小相岭山系主要植被类型在近30年发生复杂相互转化的主要表现和动态变化特征进行量化分析。结果表明：（1）针阔叶混交林与针叶林的变化趋势相似，在30年中持续增长，增幅分别为17.57%、7.56%；新增斑块与原有斑块连接在一起，形成边界复杂的大斑块，景观破碎度和均匀性有所降低。（2）高山灌丛呈先减少后增加的变化趋势，在90年代面积与数量都有所回升，但新增斑块多数为尺寸较小的斑块，大量小斑块的出现导致景观破碎度和离散度有所增加。（3）高山流石滩植被在30年中不断减少，减幅为6.41%；由于减少的多是小斑块，因此破碎化程度并未加深，且分布的均匀性有所加强。研究结果不仅可以解释该山系主要植被景观格局与生态过程相互作用的机理，而且可以阐明其动态演替的方向、过程或扩展潜力。
关键词：植被景观；优化监督分类；景观指数；动态变化；小相岭山系
中图分类号：Q 948　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2095-0845(2011)03-350-07

Dynamic Changes Analysis on the Main Vegetation Type in the Xiaoxiangling Mountains

LIU Shou-Jiang[1], HUANG You-You[2], HU Cui-Hua[1]
(1 *Land and Resources College*, *China West Normal University*; 2 *College of Life Sciences*, *China West Normal University*, *Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation*, *Ministry of Education*, Nanchong 637009, China)

Abstract: Acquisition and processing information with 3S technology, and combining the principles of landscape ecology with the research methods of traditional vegetation variation, the main vegetation landscape changes of giant panda habitat in the Xiaoxiangling Mountains were quantitatively analyzed from complex mutual-transformation performance and dynamic variation characteristics in nearly 30 years. The conclusions are as follows: (1) The change tendency of the coniferous and broadleaved mixed forest was similar to the coniferous forest, both increased by 17.57% and 7.56% respectively in 30 years; New patches and the original patches were joined together to form large patches complicated boundary, landscape fragmentation degree and landscape evenness index were decreased. (2) Rapid declined in Alpine shrubs in the former 20 years, while gradually increased in the later 8 years, and recovered in size and numbers during this period. But most of the new patches were smaller patches, and the appearance of large number of small patches caused the increase of landscape fragmentation degree and landscape apartness index. (3) Alpine talus vegetation decreased by 6.41% in 30 years; the reduction of the number of small patches resulted in decrease of landscape fragmentation degree and the strengthening of the uniformity of the distribution. The results not only can explain the mechanism of interaction between landscape patterns of the main vegetation and ecological processes in this mountain system, but also expound the direction and process of the dynamic succession or the expansion potential.

* 基金项目：四川省科技厅应用基础项目（2010JY0089）；西华师范大学校基金项目（10A017）
收稿日期：2010-12-24，2011-02-24 接受发表
作者简介：刘守江（1974-）男，副教授，硕导，从事生态与环境科学方面的研究。E-mail：gtjxpg@163.com

Key words：Vegetation landscape；Optimization supervised classification；Landscape index；Dynamic changes；Xiaoxiangling mountains

景观动态变化是指景观结构、功能、空间格局随时间的变化情况，是景观生态学研究的核心问题之一（Forman 等，1990；Dunn 等，1991）。通过对景观变化的分析，可以揭示景观演替的机制与规律，找寻人类活动和景观变化的关系，进而预测景观的未来变化趋势（Pan 等，1999；Nagasaka 和 Nakamura，1999；Olsson 等，2000；Reid 等，2000；贾宝全等，2001），最终实现景观的可持续利用。

小相岭位于大凉山之西（102°12′-105°52′E，28°18′-29°20′N），四川省冕宁县、喜德县、越西县的交界处，以保护大熊猫及其栖息地为主要目的，区域内包含冶勒和栗子坪 2 个省级自然保护区。山系全为国有林地，为我国温带植物区系成分，种类丰富，植被垂直地带分布明显，森林覆盖率为 70% 左右。目前，小相岭山系成为大熊猫种群数量最少的山系之一（胡锦矗，1990；范志勇，1994），其中生活的大熊猫面临严重濒危甚至灭绝危险。众多学者对该山系的研究集中于对大熊猫和古环境的相关研究（冉江洪等，2003，2004；罗勇等，2006），而严重忽视了其赖以生存的栖息地植被。本团队自 2006 年以来针对该区域的植被进行了一系列深入考察（胡翠华等，2009；黄尤优等，2010），本文通过研究不同时期小相岭典型植被类型的景观动态变化，揭示人类活动在该植被景观格局动态中的作用，为该区域生态环境的进一步改善以及珍稀濒危动物大熊猫的研究提供重要数据支持，最终实现该区域植被的可持续发展。

1　材料与方法

1.1　数据来源

遥感原始数据分别选用 1974 年 Landsat MSS、1994 年 Landsat TM、2002 年 Landsat TM 共 3 个时期跨度近 30 年的遥感影像。为了提高遥感图像分类的准确性，利用 2008-2010 年间大量野外采集的 GPS 点信息、实地景观照片库、国家测绘局地形图、中国科学院出版的中国植被图集、四川植被协作组联合出版的四川植被类型图等作为植被分类的重要辅助资料。

1.2　数据处理

利用 ArcView GIS、ERDAS IMAGINE（傅肃性，2002；张飞等，2009）、Fragstats、Excel 等软件来进行数据的综合处理。其中核心步骤是：利用 ERDAS IMAGINE 9.2 软件对 3 个时期的遥感原始数据进行假彩色合成、精度评估、“优化监督分类”解译和利用 ArcView GIS 3.3 软件对解译的植被类型图进行空间格局分析（党安荣，2003；黄尤优等，2010）。为避免原始遥感数据时相或季相带来的差异，在野外植被考察中均在典型植被类型核心区进行 GPS 定位，以保障植被分类的准确性（黄尤优，2009）。解译结果经 2010 年 6 月 27 日-7 月 13 日地面实测数据验证后，综合使用相关的 3S 软件形成解译精度为 85% 以上的植被类型分布图。

2　结果与分析

利用 ArcView GIS 软件对小相岭山系植被类型图进行分析，获得该区植被景观的基本特征参数。结合实地调查的资料，确定 9 种植被类型中主要的 4 种植被类型，按面积从大到小分别为：针阔叶混交林、针叶林、高山灌丛和高山流石滩植被，总面积约 169 403.83 km^2，占该区 9 种植被类型总面积约 186 950.54 km^2的 91%，在整个植被景观中占有绝对优势（图 1）。本文选取具有代表性的 13 个景观指数（McGarigal 和 Marks，1995；黄尤优等，2010），分析区域内主要植被类型在近 30 年的植被景观格局动态变化情况（表 1、图 2）。

2.1　针阔混交林的空间格局动态变化分析

由表 1 可知，在近 30 年间，针阔混交林的 CA、ZLAND、MPS、LPI、MSI 均增加，其中 CA 增加 58 290.67 hm^2，ZLAND 增加了 17.57%，MPS 增加 203.27 hm^2，LPI 增加 5.98%，MSI 增加 1.96%；并且 5 个指数均表现出前 20 年增幅大于后 8 年。但 NP 与 IJI 指数均呈减少趋势，其中 NP 减少了 158 个，IJI 减少了 24.92%。2002 年，作为整个景观的基质，针阔叶混交林面积已达 80 710.03 hm^2，占整个研究区面积的 24.33%，成为景观中面积最大的植被类型。在斑块面积增加的同时，斑块数却不断减少，说明在此期间小相岭山系的针阔混交林大量增加，而且新增斑块与原有斑块连接在一起，形成形状复杂的大斑块，景观破碎程度和散布的均匀性有所降低。

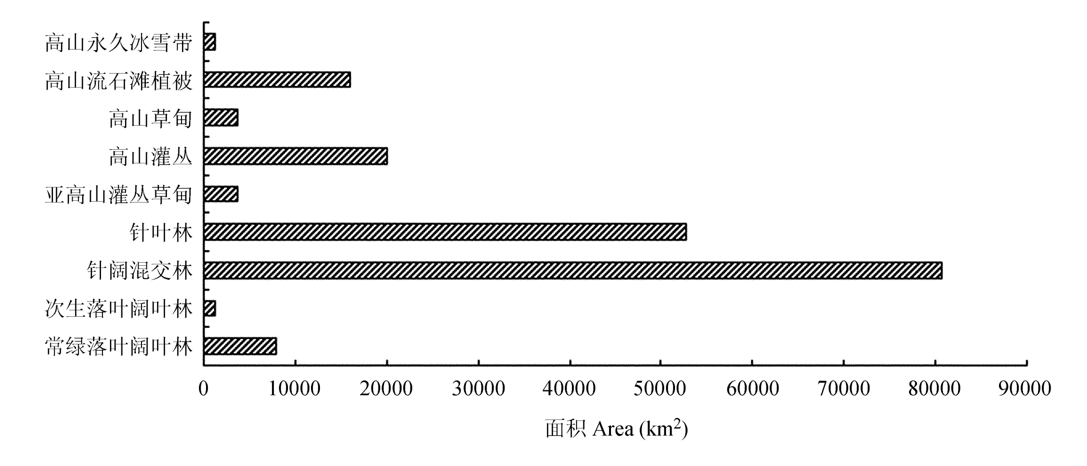


图1 小相岭山系中不同植被类型面积分布图

Fig. 1 Area distribution graph of different vegetation types in the Xiaoxiangling Mountains

表1 近30年小相岭山系主要植被类型的景观指数变化幅度

Table 1 Variation amplitude of main vegetation landscape indices in the Xiaoxiangling Mountains in nearly 30 years

植被类型 Vegetation types	景观指数 Landscape indices	年份 Year 1974-1994	1994-2002	1974-2002
针阔叶混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	NP	-135	-23	-158
	MSI	+1.02	+0.94	+1.96
	CA(hm^2)	+47328.14	+10962.5	+58290.64
	MPS(hm^2)	+154.97	+48.3	+203.27
	ZLAND(%)	+14.27	+3.3	+17.57
	LPI(%)	+5.47	+0.51	+5.98
	IJI(%)	-11.13	-13.79	-24.92
针叶林 Coniferous forest	NP	+54	-25	+29
	MSI	+0.78	+0.56	+1.34
	CA(hm^2)	+8310.86	+16735.29	+25046.15
	MPS(hm^2)	+10.03	+41.29	+51.32
	ZLAND(%)	+2.51	+5.05	+7.56
	LPI(%)	+0.53	+3.11	+3.64
	IJI(%)	-30.98	-16.89	-47.87
高山灌丛 Alpine shrub	NP	-457	+335	-122
	MSI	+0.16	+0.47	+0.63
	CA(hm^2)	-36666.94	+18525.2	-18141.7
	MPS(hm^2)	-52.48	+29.59	-22.89
	ZLAND(%)	-11.05	+5.58	-5.47
	LPI(%)	-0.85	+0.36	-0.49
	IJI(%)	-26.95	+5.53	-21.42
高山流石滩植被 Alpine talus vegetation	NP	-356	-96	-452
	MSI	+1.13	-0.01	+1.12
	CA(hm^2)	-18325.58	-2949.42	-21275
	MPS(hm^2)	+20.92	+41.7	+62.62
	ZLAND(%)	-5.52	-0.89	-6.41
	LPI(%)	+1.18	-0.83	+0.35
	IJI(%)	+4.84	+12.08	+16.92

注：CA：斑块面积；ZLAND：在景观中所占的比例；NP：斑块数；MPS：平均斑块面积；LPI：最大斑块指数；MSI：平均斑块形状指数；IJI：散布与并列指数　Note：CA：class area；ZLAND：percentage of Landscape；NP：number of patch；MPS：mean patch size index；LPI：largest patch index；MSI：mean patch shape index；IJI：interspersion Juxtaposition Index

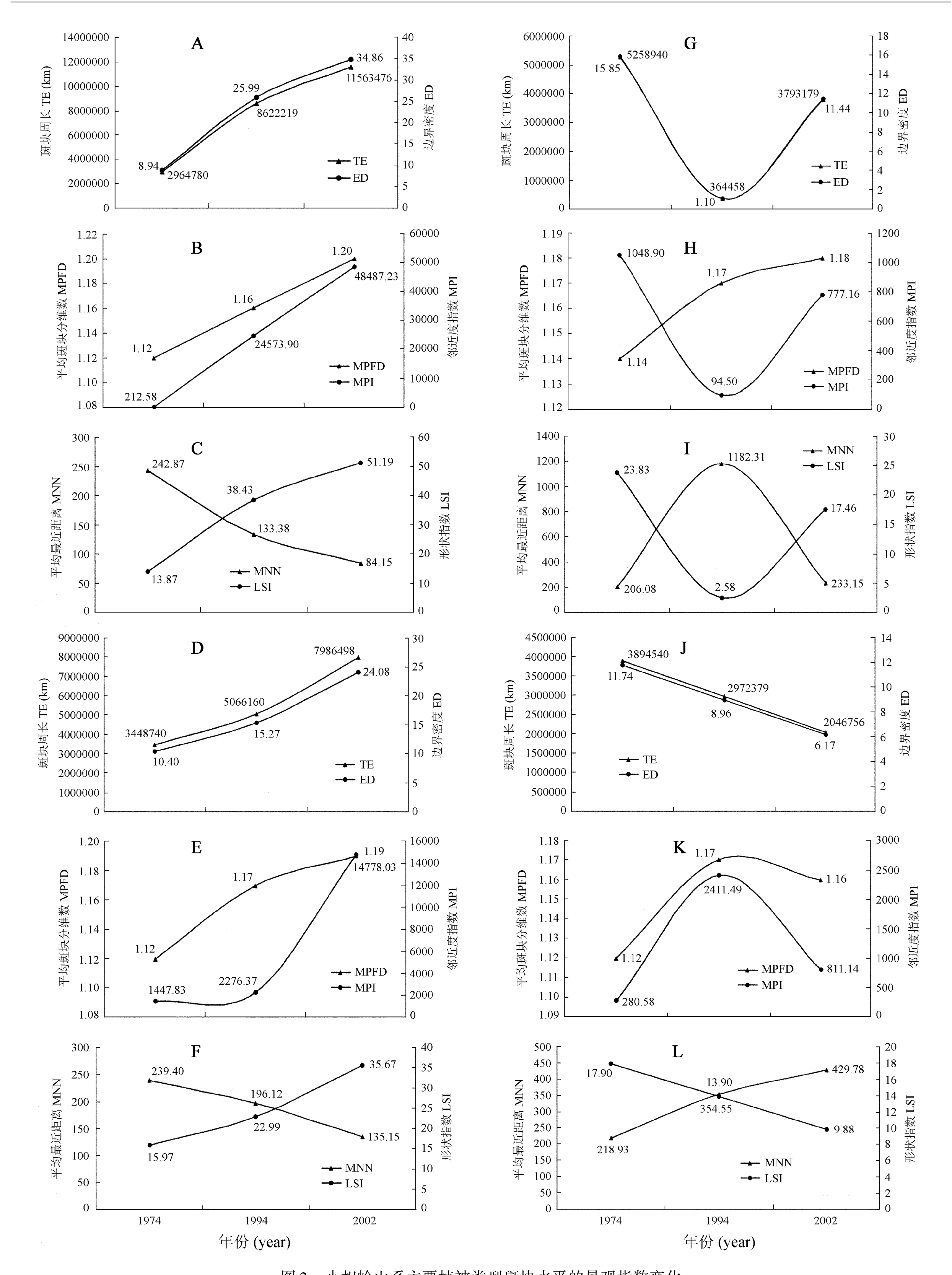


图 2　小相岭山系主要植被类型斑块水平的景观指数变化

A–C：针阔叶混交林；D–F：针叶林；G–I：高山灌丛；J–L：高山流石滩

Fig. 2　Landscape indices variation of main vegetation type at class-level in the Xiaoxiangling

A–C：Coniferous and broad-leaved mired forest；D–F：Coniferous forest；G–I：Alpine shrub；J–L：Alpine talus vegetation

由图2（A–C）可知，针阔混交林的斑块周长TE、斑块密度ED、反映边界复杂程度的MPFD、反映连接性的MPI以及反映形状偏离规则圆形程度的LSI指数均持续增长，仅揭示景观格局的团聚与分散程度的MNN不断减少。其中，邻近度指数MPI增幅最大，从1974年的212.58增加到2002年的48487.23；其次增幅较大的分别是TE、ED与LSI，分别是290.03%、289.93%和269.07%；增幅最小的是平均斑块分维数MPFD，增加了7.14%；而平均最近距离MNN则从1974年的242.87减少到2002年的84.15，减少了65.35%。同样说明，在近30年间，针阔混交林的数量急剧增加，原零星分布的斑块逐渐连接并聚集在一起，导致周长与密度相应呈增长趋势，而边界变得复杂。

2.2　针叶林的空间格局动态变化分析

由表1可知，在近30年间，针叶林各景观指数变化趋势与针阔混交林相似，CA、ZLAND、MPS、LPI、MSI均增加，其中CA增加25 046.46 hm^2，ZLAND增加7.56%，MPS增加51.32 hm^2，LPI增加3.64%，MSI增加1.34%；MSI增幅比较稳定外，其余4个指数表现为后8年比前20年增幅大。NP则呈先增后减的变化趋势，前20年增加54个，后8年减少了25个；同时，IJI呈整体下降趋势，共减少47.87%。说明在此期间小相岭山系的针叶林不断增加，部分斑块聚集形成形状复杂的大斑块，且较集中分布，导致景观空间分布均匀性略有降低。

由图2（D–F）可知，针叶林的TE、ED、MPFD、MPI、LSI指数均保持增长，MNN不断减小，与针阔混交林指数变化也基本相似。其中，邻近度指数MPI仍增幅最大，前20年缓慢增长，后8年增长迅速；其次增幅较大的分别是TE、ED与LSI，增幅分别是131.58%、131.54%和123.36%；增幅最小的是平均斑块分维数MPFD，增加了6.25%；而平均最近距离MNN则从1974年的239.40减少到2002年的135.15，减少了43.55%。说明，在30年间，针叶林的各指数变化与针阔混交林极为相似，仅变化幅度上稍小一点，数量、周长、密度均增加，聚集程度加强，连接性好。

2.3　高山灌丛的空间格局动态变化分析

由表1可知，在近30年间，高山灌丛各景观指数仅MSI呈整体增加趋势，从1974年的2.64增加到2002年的3.27，其余指数均呈先减后增的变化趋势。前20年，CA减少36 666.94 hm^2，ZLAND减少11.05%，NP减少457个，MPS减少52.48 hm^2，LPI减少0.85%，IJI减少26.95%。说明在前20年高山灌丛面积与数量大量减少，斑块形状趋于复杂，且平均斑块面积缩小，景观破碎化程度增加，斑块散布的均匀程度减少。后8年，CA增加18 525.55 hm^2，ZLAND增加5.58%，NP增加339个，MPS增加40.00 hm^2，LPI增加0.36%，IJI增加9.67%。说明后8年高山灌丛得到一定程度的恢复，但是还未能恢复到1974年时的状态。在此期间斑块面积与数量都有所回升，但新增斑块绝大多数是尺寸较小的斑块，聚集在一起形成较大斑块，但大量小斑块的出现导致景观破碎度和离散程度有所增加。

由图2（G–I）可知，高山灌丛各景观指数中仅MPFD保持不断增长，增幅为3.51%；MNN先增后减，前20年增加976.23，后8年又减小949.16，整体增幅为13.14%；而TE、ED、MPI、LSI均呈先减后增的变化趋势，整体减幅分别为27.87%、27.82%、25.91%和26.73%。说明，在70–90年代间高山灌丛曾受到较为严重的破坏，数量与密度减少；而90年代后逐步恢复，但恢复程度不明显，聚集和连接性还较差。

2.4　高山流石滩植被的空间格局动态变化分析

由表1可知，在前20年间，高山流石滩植被的CA减少18 325.58 hm^2，ZLAND减少5.52%，NP减少356个，LPI增加1.18%，MPS增加20.92 hm^2，MSI增加1.13，IJI增加4.84%。说明在此期间高山流石滩植被有所减少，但减少的多是小斑块。总体来看，高山流石滩植被破碎化程度并未加深，大斑块更加明显，且分布的均匀性有所加强，但斑块形状略显复杂。后8年，CA减少2 949.28 hm^2，ZLAND减少0.89%，NP减少96个，LPI减少0.83%，MPS增加41.70 hm^2，IJI增加12.08%，MSI则基本保持不变。说明在后8年虽然高山流石滩植被面积和数量继续缩减，但减少的速度有所变缓，而且消退的仍是小斑块，

保留下来的斑块尺寸较大，并且斑块形状复杂度基本保持不变，因此，景观破碎度有所减轻。

由图 2（J–L）可知，高山流石滩植被的 TE、ED、LSI 指数不断减小，减幅分别为 47.45%、47.44%、44.80%；MNN 则不断增大，增加比例为 96.31%；而 MPI 与 MPFD 呈先增后减的变化趋势，总体上有所增加，增幅分别为 189.09%、3.57%。再次证实，在近 30 年间，高山流石滩植被数量减少，且保留下来的是较大斑块，因此分布得更加均匀、离散，景观离散程度也有所加深。

3　结论与讨论

3.1　结论

根据 1974、1994 和 2002 年遥感影像的解译结果，在景观异质性原理、尺度效应和自然等级理论原理的基础上将 3S 技术与景观生态学相结合，对大熊猫栖息地小相岭山系的主要森林植被景观：针阔叶混交林、针叶林、高山灌丛和高山流石滩植被 4 种植被类型进行动态变化及形成过程分析。研究结果如下：

针阔混交林是整个景观中面积最大的植被类型，它与针叶林在 30 年间不断增加，新增加的斑块与原有斑块连接在一起，形成边界复杂的大斑块，因此景观破碎程度和散布的均匀性有所降低。针阔混交林与针叶林的各景观指数变化趋势极为相似，唯一的区别是针阔混交林在前 20 年增幅大，而针叶林是后 8 年增幅大；近 30 年针阔混交林与针叶林的景观破碎度与均匀度有所降低，主要原因是这二种植被类型在面积增加、密度加大的同时，许多小斑块不断融合、连通，形成大斑块。高山灌丛在前 20 年中持续减少，破碎度与均匀度减弱，形状趋于复杂；但在 90 年代得到一定的恢复，破碎度和离散度均有所增加，但仍未恢复到 70 年代初的状态。30 年间高山流石滩植被则不断减少，但减少的速度逐渐变缓，由于消退的主要是小斑块，保留下来的斑块尺寸较大，因此景观破碎度有所减轻。

3.2　讨论

植被景观类型的分布决定于地形、气候、水系、土壤等环境因子以及人类活动的干扰。通过实地考察，小相岭山系处于横断山脉东缘，植被景观的分布现状与其特殊的地理环境密不可分，区域内的地形、气候、土壤和水系分布等构成了其动态变化的驱动因素之一。除自然因素外，由于 1989 年国家启动长江中上游防护林体系建设工程，到 2008 年全省一期工程累计完成营造林 187.6267 万公顷。在此期间林地的大量恢复以及人工采伐的大规模减少成为小相岭山系的针阔混交林与针叶林大幅增加、高山灌丛在 90 年代初逐步得到恢复的主要因素。按照景观生态学动态变化原理推断，未来小相岭山系植被将处于自然更新的演替阶段，针阔混交林与针叶林还将持续增加，但增幅逐渐变缓；高山灌丛将恢复至 70 年代时的状态；而高山流石滩植被还将减少，但减幅不大。科研人员应进一步加强对该区植被与生态环境的科学研究，加大力度培育和保护森林资源；当地政府与林区工作者应当努力提高保护区的经营管理水平，禁止采伐、退耕还林，积极保护山系内珍稀动植物资源，维护和增强保护区生态系统的稳定性。

〔参　考　文　献〕

胡锦矗, 1990. 大熊猫生物学研究与进展［M］. 成都：四川科学技术出版社, 18—35

范志勇, 1994. 中国大熊猫保护及其栖息地工程与实施［M］. 成都国际大熊猫保护学术研讨会论文集. 成都：四川科学技术出版社, 16—21

党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等, 2003. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法［M］. 北京：清华大学出版社, 189—219

傅肃性, 2002. 遥感专题分析与地学图谱［M］. 北京：科学出版社, 145—159

Dunn CP *et al.*, 1991. Methods for analyzing temporal changes in landscape pattern［A］. In：Turner MG, Gardner RH eds. *Quantitative Methods in Landscape Ecology*［M］. Springer-Verlag, 173—194

Forman RTT, Gratson MW, Xiao DN *et al.*, 1990. *Landscape Ecology*［M］. Beijing：Science Press, 86—90, 226—241

Hu CH（胡翠华）, Huang YY（黄尤优）, Liu SJ（刘守江）*et al.*, 2009. Analysis on the patch characteristics of vegetation landscape of Xiaoxiangling mountains in Sichuan province［J］. *Acta Botanica Yunnanica*（云南植物研究）, 31（6）：529—536

Huang YY（黄尤优）, Liu SJ（刘守江）, Hu JY（胡进耀）*et al.*, 2009. Gradient variaitions in landscape pattern from northwest to southeast in Tangjiahe nature reserve, Sichuan province［J］. *Acta Botanica Yunnanica*（云南植物研究）, 31（1）：49—56

Huang YY（黄尤优）, Liu SJ（刘守江）, Wang Q（王琼）*et al.*, 2010. Analysis on the landscape changes of the Xiaoxiangling

mountains in Sichuan province during approximately 30 year [J]. *Acta Prataculturae Sinice* (草业学报), 19 (4): 1—9

Jia BQ (贾宝全), Ci LJ (慈龙骏), Ren YP (任一萍), 2001. The analyst is on the oasis landscape dynamics [J]. *Acta Ecologic Sinica* (生态学报), 21 (11): 1947—1951

Luo Y (罗勇), Xu XN (许向宁), Yang W (严伟), 2006. Characteristics and evaluation of geological relic landscape in Yihai-Xiaoxiangling mountains in Minning country and Xide country [J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation* (地质灾害与环境保护), 17 (2): 23—29

McGarigal K, Marks BJ, 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure [R]. Reference manual. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis Oregon, March. 62 pp. +Append, 80—12

Nagasaka A, Nakamura F, 1999. The influence of land use changes on hydrology and riparian environment in a northern Japanese landscape [J]. *Landscape Ecology*, 14: 543—556

Olsson EGA, Austrheim G, Grenne SN, 2000. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960-1993 [J]. *Landscape Ecology*, 15: 155—170

Pan D, Domon G, Deblois S *et al*., 1999. Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes [J]. *Landscape Ecology*, 14: 35—52

Rang JH (冉江洪), Liu SY (刘少英), Wang HJ (王鸿加) *et al*., 2003. Habitat selection by giant pandas and grazing livestock in the Xiaoxiangling mountains of Sichuan province [J]. *Acta Ecologic Sinica* (生态学报), 23 (11): 2253—2258

Rang JH (冉江洪), Liu SY (刘少英), Wang HJ (王鸿加) *et al*., 2004. A survey of disturbance of giant panda habitat in the Xiaoxiangling Mountains of Sichuan province [J]. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), 24 (4): 277—281

Reid RS, Kruska RL, Muthui N *et al*., 2000. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia [J]. *Landscape Ecology*, 15: 339—355

Zhang F (张飞), TASHPOLAT · Tiyip (塔西甫拉提 · 特依拜), Ding JL (丁建丽) *et al*., 2009. The change of land use/cover and characteristics of landscape pattern in arid areas oasis [J]. *Acta Ecologic Sinica* (生态学报), 29 (3): 1251—1263